

На правах рукописи

Брошко Доминик Василь

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ
ПРЕПАРАТОВ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ МАСЛИЧНЫХ
КУЛЬТУР**

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Красноярск – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Величко Надежда Александровна

Официальные оппоненты: **Мустафаев Сергей Кязимович**,
доктор технических наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Кубанский государственный
технологический университет», профессор
кафедры технологии жиров, косметики,
товароведения, процессов и аппаратов

Лисовая Екатерина Валериевна,
кандидат технических наук,
Краснодарский научно-исследовательский
институт хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции – филиал
Федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Северо-Кавказский
федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия», зав. отделом
пищевых технологий, контроля качества и
стандартизации

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение Федеральный научный
центр «Всероссийский научно-
исследовательский институт сои»

Защита состоится «30» июня 2025 г. в 13⁰⁰ на заседании
диссертационного совета 35.2.018.023 на базе федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Красноярский государственный аграрный университет» по
адресу: 660049, г. Красноярск, проспект Мира, 90, тел.: +7(391)227-36-09,
e-mail: dissovet@kgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ <http://www.kgau.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2025г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Присухина
Наталья Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Актуальным вопросом продовольственной безопасности Российской Федерации является обеспечение населения качественными продуктами питания. Для сбалансированного рациона необходимо наличие всех основных групп макронутриентов: белков, жиров и углеводов.

Белки являются важнейшими макронутриентами в питании человека. В связи с ростом численности населения потребность в белковых продуктах имеет тенденцию к увеличению. Создание производств белковых продуктов растительного происхождения представляет объемную задачу, связанную с выбором растительных культур, произрастающих в Сибири и дающих стабильный урожай. Значительный вклад в решение задач повышения эффективности пищевых производств вносят исследования, ориентированные на рациональное использование пищевого сырья. Все более актуальными для получения пищевых продуктов становятся нетрадиционные виды растительного сырья, такие как соевые и крестоцветные культуры, а также продукты их переработки.

Альтернативными и перспективными объектами для получения белковых продуктов являются отходы масличного производства – жмыхи масличных культур, произрастающие в агроэкологических условиях Красноярского края: рапс сорта «Культис», рыжик сорта «Ужурский» и соя сорта «Зарница», содержащие в своем составе значительное количество белка. Разработка современных высокоэффективных и наукоемких технологий комплексной переработки растительного масличного сырья имеет все предпосылки для промышленного внедрения, и представляет актуальную задачу.

Актуальность исследований подтверждается их включением в тематику научно–исследовательской лаборатории «Проблем переработки масличных культур» ФГБОУ ВО Красноярского государственного аграрного

университета по теме: «Глубокая переработка отходов масличных производств».

Степень разработанности темы исследования. Теоретическими исследованиями и практическими аспектами технологии получения растительного белка из масличных культур занимались такие ученые как И.А. Глотова, С.К. Мустафаев, Д.В. Компанцев, В.И. Манжесов, Т.В. Рензьева, И.В. Шульвинская, Л.В. Антипова, Н.В. Аникеева, Д.В. Баурин, Н.С. Воронова. Однако вопросы, связанные с совершенствованием технологии получения белковых препаратов кормового и пищевого назначения из местных, адаптированных к условиям резко-континентального климата Сибири масличных культур, изучены недостаточно.

Цель и задачи исследования – разработка технологии получения белковых препаратов кормового и пищевого назначения из отходов переработки местных, адаптированных к условиям резко-континентального климата Сибири, масличных культур – сои сорта «Зарница», рапса сорта «Культис», рыжика сорта «Ужурский».

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- анализ научно-технической литературы по проблеме получения белковых продуктов пищевого и кормового назначения из растительного сырья, обоснование выбора сырьевых источников для получения белковых препаратов из масличных культур;
- исследование химического состава жмыхов исследуемых масличных культур, произрастающих в агроэкологических условиях Красноярского края;
- разработка технологии получения белковых препаратов из жмыхов исследуемых масличных культур;
- определение зависимости выхода белковых препаратов из жмыхов масличных культур от различных технологических параметров, математическое моделирование процессов получения белковых препаратов

из жмыхов масличных культур;

- исследование аминокислотного состава полученных белковых препаратов из жмыхов масличных культур, определение их биологической ценности и безопасности;

- разработка рецептур продуктов пищевого и кормового назначения на основе белковых препаратов из жмыхов масличных культур, оценка функционально-технологических характеристик и пищевой ценности;

- расчет технико-экономических показателей предприятия по производству белковых препаратов из жмыхов масличных культур.

Научная новизна исследования. Впервые научно обоснована возможность использования регионального растительного сырья: жмыха масличных культур для получения белковых препаратов. Получены новые данные о химическом составе белковых препаратов, выделенных из местных сортов рапса сорта «Культис», рыжика сорта «Ужурский», сои сорта «Зарница», селекции «Научно-исследовательского центра оригинального семеноводства» ФГБОУ ВО Красноярского ГАУ, адаптированных к условиям резко-континентального климата Восточной Сибири. Теоретически обоснован, и практически подтвержден выбор ферментных препаратов для повышения выхода белкового препарата из жмыха масличных культур. Впервые получены математические модели зависимости выхода белкового препарата из жмыха масличных культур от концентрации ферментных препаратов (пектиназы и целлюлазы) и продолжительности обработки. Обоснованы технология и рецептуры продуктов пищевого и кормового назначения с использованием белковых препаратов, полученных из жмыхов масличных культур. Новизна технических решений подтверждена патентом РФ на изобретение № RU2811926.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в том, что результаты исследований способствуют развитию основ моделирования продуктов пищевого и кормового назначения с использованием белковых препаратов,

полученных из отходов переработки масличных культур местных сортов, адаптированных к агроэкологическим условиям Красноярского края. Установлены зависимости выхода белкового препарата из жмыха местных сортов рапса сорта «Культис», рыжика сорта «Ужурский», сои сорта «Зарница» от технологических параметров. Разработана технология получения белкового препарата из жмыха исследуемых масличных культур. Разработаны рецептуры кормовой добавки на основе белковых препаратов из жмыхов масличных культур для годовиков форели аквакультуры (патент RU № 2811926), кормовых смесей для сельскохозяйственной птицы, белковых композитных сухих смесей для диетического лечебного и диетического профилактического питания. Разработаны ТУ 10.89.140-001-71286885-2024 на получение белкового препарата пищевого назначения.

Результаты проведенного исследования используются в учебном процессе для подготовки магистров по направлениям 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья, 19.04.03 Продукты питания животного происхождения, а также специалистами в области переработки масличных культур. Разработанная технология получения белкового препарата пищевого назначения внедрена на предприятии ООО «ОПХ Соляное» Рыбинского района Красноярского края.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 7, 12, 13, 35, 36 паспорта специальности 4.3.3. «Пищевые системы».

Сведения о финансировании исследований.

Диссертационная работа проведена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) в рамках выполнения научных исследований и разработок по проекту: «Создание комплексного высокотехнологичного производства растительного масличного сырья и продуктов его переработки в условиях Сибири», Красноярского краевого фонда науки в рамках проекта «Разработка

импортозамещающих технологий для аквакультуры лососевых рыб в условиях Красноярского края», фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках проекта «Технология получения белкового препарата методом биоконверсии из отходов масличного сырья»

Методология и методы исследований.

Методология исследования основана на анализе научно-технической литературы. В диссертационной работе применены стандартные методики, принятые в пищевой химии и биотехнологии, а также нормативные документы: ГОСТы, СанПиНы и Технические регламенты Таможенного Союза. Экспериментальные исследования проводились на базе научно-исследовательской лаборатории «Проблем переработки масличных культур» и научно-исследовательского испытательного центра ФГБОУ ВО Красноярского государственного аграрного университета. Для статистической обработки данных и проведения математического моделирования использовали программные пакеты DataFit и Statistics системы Maple.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. аминокислотный и жирнокислотный состав жмыхов масличных культур (рапса сорта «Культис», рыжика сорта «Ужурский», сои сорта «Зарница»), произрастающих в агроэкологических условиях Красноярского края, аминокислотный состав полученных белковых препаратов, обуславливающий возможность их применения в качестве пищевого белка и кормовой добавки;
2. математические зависимости влияния ферментов и технологических параметров на выход белковых препаратов из жмыхов масличных культур;
3. технология получения пищевого белкового препарата из жмыхов масличных культур, исследование биологической ценности и функционально-технологических свойств полученных белковых препаратов;

4. рецептуры белковых композитных сухих смесей для диетического лечебного и диетического профилактического питания, рецептуры мясных рубленых полуфабрикатов с использованием белковых препаратов, кормовой добавки из белковых препаратов жмыхов масличных культур для годовиков форели аквакультуры, кормовых смесей для сельскохозяйственной птицы.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность полученных результатов исследования и сделанных выводов обеспечивается обширным массивом экспериментальных исследований, которые подтверждаются статистической обработкой и применением современных методов химического анализа растительного сырья.

Степень участия автора в диссертационном исследовании.

Диссертационное исследование является обобщением научных трудов проводимых в течение 2020-2024 гг. при личном участии автора. Автор провел сбор первичной информации и анализ литературных источников, патентный поиск, выполнил весь комплекс экспериментальных исследований, и осуществил математическую обработку полученных данных; сформулировал выводы диссертационной работы, провел апробацию разработанной технологии в производственных условиях, подготовил заявку на изобретение и научные статьи для публикации результатов исследований в журналах и сборниках трудов.

Публикации. Основные положения диссертационного исследования изложены в 14 научных публикациях автора, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получен патент на изобретение «Комбикорм для скормливания годовикам форели в аквакультуре» (патент на изобретения №2811926).

Результаты научного исследования были представлены на III и II этапах Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства России (Сибирский Федеральный округ)

(Красноярск, 2024). А также в рамках реализации конкурса «Студенческий стартап – V волна» с темой заявки «Технология получения белкового препарата методом биоконверсии из отходов масличного сырья».

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы, включающего 127 источников, в том числе 84 на иностранном языке и 4 приложений. Работа изложена на 148 страницах машинописного текста, содержит 23 рисунка и 59 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель, задачи исследования, приведена научная новизна и практическая значимость, положения, выносимые на защиту.

Глава 1 Аналитический обзор источников литературы

Проведен анализ и систематизация данных литературных источников, отражающих сведения о современных технологиях переработки отходов масличных производств. Проанализированы сведения по составу жмыхов масличных культур и способам получения белковых продуктов.

Глава 2 Объекты и методы исследований

Основными объектами для выполнения научных исследований являлись жмыхи масличных культур (рапс сорта «Культис», рыжик сорта «Ужурский», сои сорта «Зарница»), селекции «Научно-исследовательского центра оригинального семеноводства» ФГБОУ ВО Красноярского ГАУ, произрастающих в агроэкологических условиях Красноярского края, и белковые препараты, полученные из них. Экспериментальные исследования проводились на базе научно-исследовательской лаборатории «Проблем переработки масличных культур», научно-исследовательского испытательного центра ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ». Показатели пищевой безопасности мясных рубленых полуфабрикатов с добавлением

пищевого белкового препарата определялись в испытательной лаборатории ФГБУ «Красноярский референтный центр Россельхознадзора» по Красноярскому краю.

Этапы работы и организацию исследования производили по схеме, приведенной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема проведения исследования

Глава 3 Экспериментальная часть

В третьей главе приведены результаты изучения химического состава жмыхов масличных культур (рапс сорта «Культис», рыжик сорта «Ужурский», сои сорта «Зарница») (таблица 1,2). В результате исследования химического состава жмыхов, полученных после отжима масла из семян масличных культур, было установлено, что содержание остаточного масла в них составляет 15,30 % для рапса, 12,50 % для сои 13,60 % для рыжика в пересчете на абсолютное сухое вещество. Жирнокислотный состав жмыхов масличных культур представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Жирнокислотный состав жмыхов масличных культур

Наименование жирной кислоты	Содержание, в % от общей суммы жирных кислот		
	Жмых рапса сорта «Культис»	Жмых рыжика сорта «Ужурский»	Жмых сои сорта «Зарница»
эруковая C22:1	0,09	2,83	0,52
олеиновая C18:1	59,80	2,19	58,88
линолевая C18:2	20,50	13,71	20,94
линоленовая C18:3	9,79	18,20	9,73

Жирнокислотный состав исследуемых жмыхов подтверждает их безопасность, так как в соответствии с нормативной документацией регламентируется содержание эруковой кислоты в жмыхах масличных культур.

Суммарное содержание белка в исследуемых жмыхах составляет для рапса 38 %, для рыжика 41 %, для сои 45 %.

Содержание эссенциальных аминокислот в жмыхах масличных культур представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание незаменимых аминокислот в жмыхах масличных культур

Наименование аминокислоты	Содержание, г/100 г продукта		
	Жмых рапса сорта «Культис»	Жмых рыжика сорта «Ужурский»	Жмых сои сорта «Зарница»
Лизин	1,40	1,14	1,26

Продолжение таблицы 2

Наименование аминокислоты	Содержание, г/100 г продукта		
	Жмых рапса сорта «Кульtis»	Жмых рыжика сорта «Ужурский»	Жмых сои сорта «Зарница»
Фенилаланин	1,11	1,10	1,02
Гистидин	0,86	0,46	0,60
Лейцин + изолейцин	1,57	1,34	1,40
Метионин	0,59	0,57	0,53
Валин	1,27	1,19	1,06
Треонин	1,32	1,35	1,25

Как видно из результатов таблицы 2, аминокислотный состав жмыхов масличных культур (рапс сорта «Кульtis», рыжик сорта «Ужурский», сои сорта «Зарница») представлен всеми незаменимыми аминокислотами, что свидетельствует об их высокой биологической ценности. Исходя из химического состава, жмыхи масличных культур являются перспективным сырьем для дальнейшего получения из них белковых препаратов.

Далее были проведены исследования влияния технологических параметров на выход белковых препаратов из жмыхов масличных культур.

С целью повышения выхода белковых препаратов из масличных культур (рапс сорта «Кульtis», рыжик сорта «Ужурский», сои сорта «Зарница»), была проведена обработка ферментами целлюлазного действия. Установлено, что наибольший выход препарата наблюдается из обезжиренных жмыхов (5,9 % у рапса, 8,9 % у рыжика, 10,8 % у сои), для необезжиренных (5 % у рапса, 7,8 % у рыжика, 10,2 % у сои) при различных концентрациях фермента. В результате установлена рациональная концентрация целлюлазы - 0,006 % от массы сырья.

При применении фермента пектиназного действия, наибольший выход препарата наблюдается из обезжиренных жмыхов (9 % у рапса, 12 % у рыжика, 15 % у сои), для необезжиренных (7 % у рапса, 10 %, у рыжика, 13 % у сои) при различных концентрациях фермента пектиназы. Рациональная концентрация фермента пектиназы составила также 0,006 %.

Применение композиции ферментов целлюлазной и пектиназной (1:1) активности для извлечения белковых компонентов способствует большему их выходу. При использовании композиции ферментов выход белка в препаратах масличных культур увеличился на 30 % по сравнению с использованием фермента целлюлазы и на 28 % по сравнению с пектиназой.

Проведена оценка безопасности белковых препаратов из жмыхов исследуемых масличных культур. Содержание тяжелых металлов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть), а также Афлатоксина В₁ в белковых препаратах не превышало допустимые уровни, гексахлорциклогексан (α, β, γ -изомеры), ДДТ и его метаболиты не обнаружены. Таким образом, по показателям безопасности белковые препараты из жмыхов исследуемых масличных культур соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 и могут быть использованы в пищевой промышленности.

Показатели биологической ценности белковых препаратов из жмыхов масличных культур из необезжиренного и обезжиренного жмыха после ферментативной обработки рассчитаны на основании аминокислотного состава методом аминокислотных скоров (рисунки 2-3).

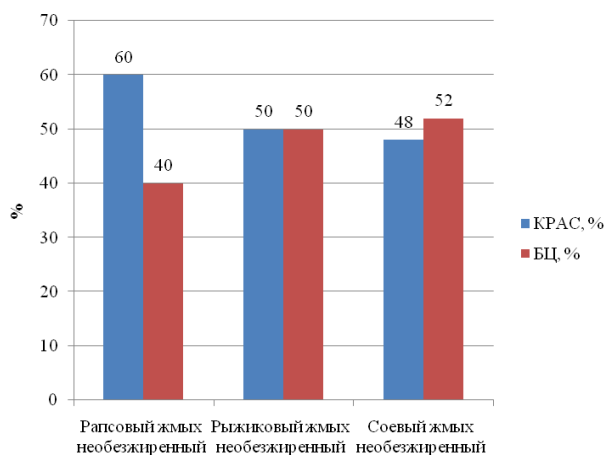


Рисунок 2 – Показатели биологической ценности белковых препаратов из необезжиренных жмыхов масличных культур

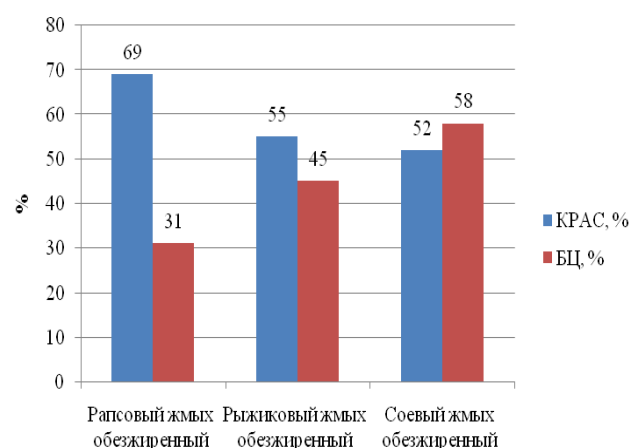


Рисунок 3 – Биологическая ценность белковых препаратов из обезжиренных жмыхов масличных культур

Полученные результаты биологической ценности подтверждают обоснованность использования белковых препаратов в качестве компонентов пищевых и кормовых продуктов.

В результате были разработаны рецептуры белковых композитных сухих смесей и кормовых смесей с добавлением белковых препаратов масличных культур (ТУ 10.89.19.140-001-71286885-2024), рецептура кормовой добавки из белковых препаратов жмыхов масличных культур для годовиков форели в аквакультуре (патент на изобретение № 2811926), рецептуры кормов для сельскохозяйственной птицы.

Разработана рецептура мясных рубленых полуфабрикатов с использованием белковых препаратов (таблица 3).

Таблица 3 – Рецептура котлет с добавлением белковых препаратов

Сырье, г	Опытные образцы								
	Контрольный	Белковый препарат рапса, %				Белковый препарат рыжика, %			
		1	2	3	4	5	6	7	8
Мясо котлетное говяжье	54	53	52	51	50	53	52	51	50
Жир-сырец говяжий	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Хлеб пшеничный	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Белковый препарат	-	1	2	3	4	2	3	3	4
Сухари для панировки	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Лук репчатый свежий	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Перец черный молотый	0,1	0,11	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11
Соль поваренная	1,2	1,3	1,39	1,49	1,3	1,39	1,49	1,49	1,3
Вода питьевая	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Сравнительная органолептическая оценка контрольного и опытных образцов приведена в профилограмме органолептического анализа на рисунке 4.

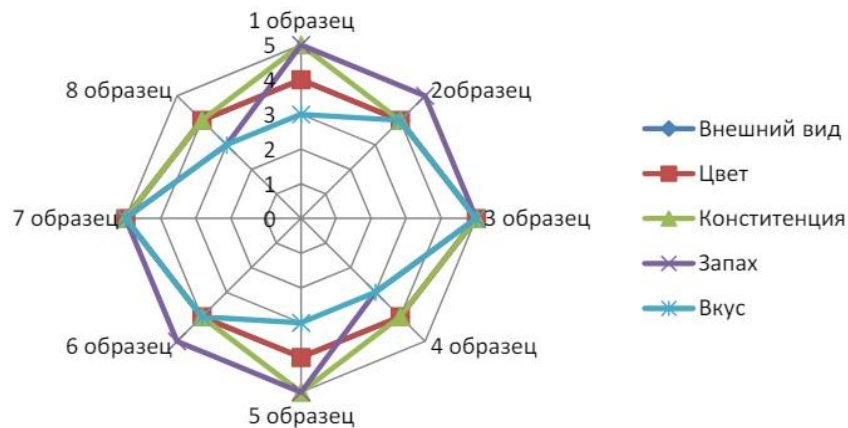


Рисунок 4 – Профилограмма органолептического анализа мясных рубленых полуфабрикатов

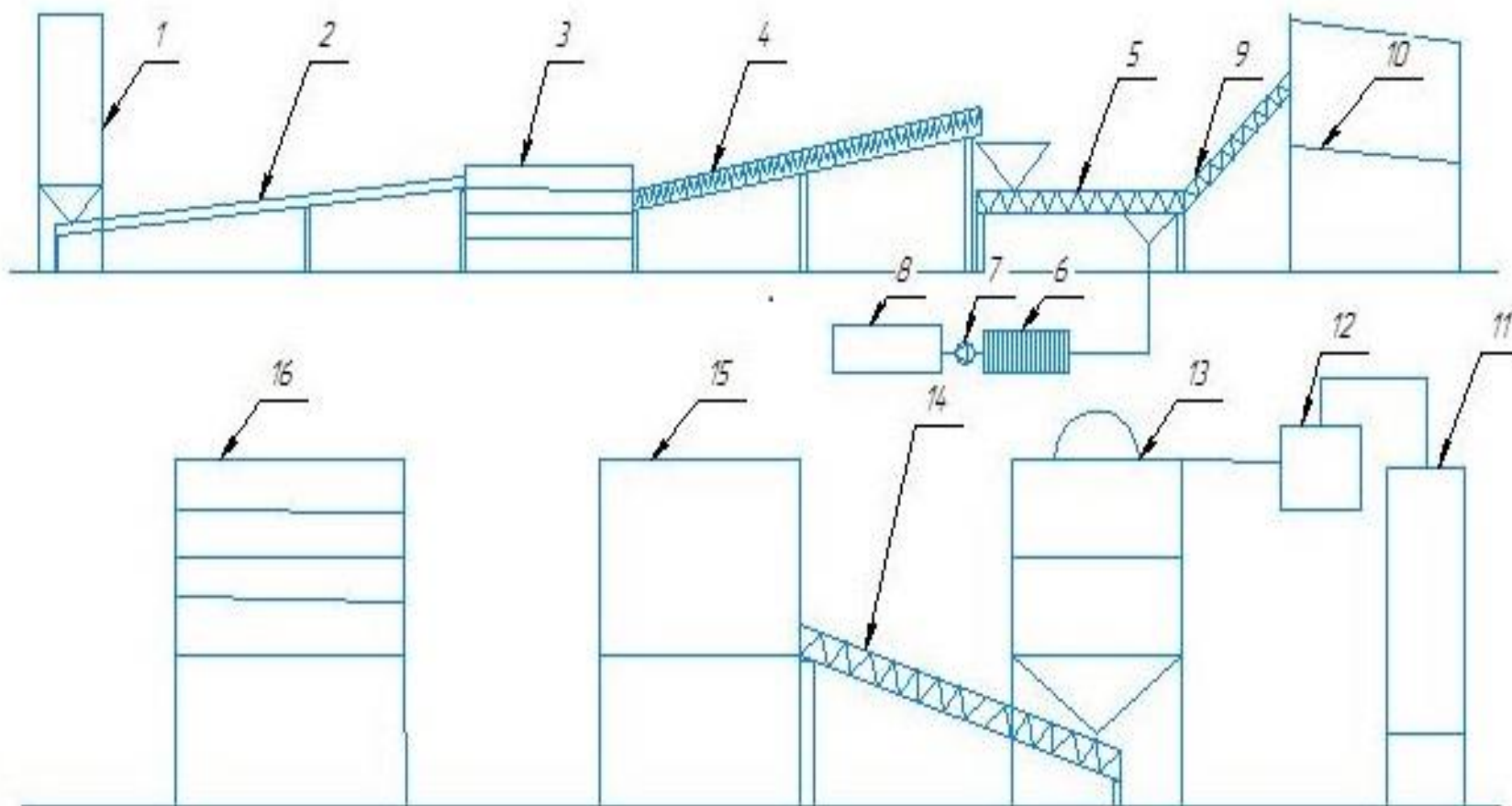
Установлено, что опытные образцы 3 и 7 с добавлением белкового препарата в количестве 3 % взамен мясного фарша по органолептическим показателям являются наилучшими.

В результате исследования пищевой безопасности мясных рубленых полуфабрикатов с добавлением белкового препарата установлено их соответствие ТР ТС 021/2011.

Таким образом, применение белковых препаратов из жмыхов масличных культур (рапс сорта «Культис», рыжик сорта «Ужурский», соя сорта «Зарница») в рецептурах пищевых и кормовых продуктов является перспективным.

Глава 4 Технология производства белковых препаратов из жмыхов масличных культур

На основании установленных технологических параметров выхода белковых препаратов была разработана аппаратурно-технологическая схема получения препаратов белка из жмыхов (рапс сорта «Культис», рыжик сорта «Ужурский», сои сорта «Зарница»), предусматривающая выход целевого продукта производительностью 2 тонны в сутки (рисунок 5).



1 - бункер загрузочный; 2 - лента транспортная; 3- просеивающая машина; 4 - шнековый транспортер; 5 - маслопресс; 6 - фильтр рамный; 7 - насос масляный; 8 - резервуар для масла; 9 - шнековый транспортер; 10 - колонка охлаждающая; 11 - резервуар для кислоты; 12 - дозатор; 13 - бункер смесительный; 14 - шнековый транспортер; 15 - центрифуга; 16 - распылительная сушка

Рисунок 5 – Аппаратурно-технологическая схема получения белкового препарата из жмыхов масличных культур

Глава 5 Математическое моделирование выхода белкового препарата из жмыхов крестоцветных культур

Для оптимизации технологии выделения белковых препаратов были разработаны математические модели зависимости выхода белковых препаратов от технологических параметров по каждой исследуемой культуре. Выход белкового препарата, при ферментативной обработке рапса обезжиренного (y , %) в зависимости от концентрации композиции ферментов (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) (x_1 , %) и продолжительности обработки (x_2 , мин) на уровне детерминации 97,61 % представляется функцией (рисунок 6):

$$y = f_{\text{рапс},1}(x_1, x_2) = -19.75139986 + 1653.098001 \cdot x_1 + 9.821965731 \cdot \ln x_2 - 129583.3333 \cdot x_1^2 - 1.098675095 \cdot \ln^2 x_2 + 139.4878658 \cdot x_1 \cdot \ln x_2.$$

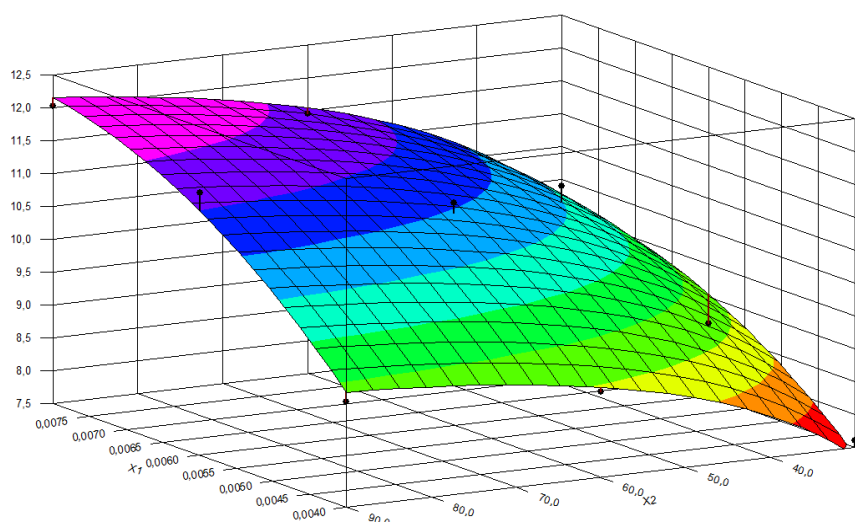


Рисунок 1 – Динамика выхода белкового препарата (y , %) из жмыха рапса обезжиренного при изменении концентрации композиции ферментов (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) (x_1 , %) и продолжительности обработки (x_2 , мин)

Максимальный выход белкового препарата при ферментативной обработке составляет 12,10 % при концентрации препарата (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) 0,008 %.

Выход белкового препарата при ферментативной обработке жмыха рыжика сорт «Ужурский» обезжиренного ($y, \%$) в зависимости от концентрации композиции ферментов (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) ($x_1, \%$) и продолжительности процесса ферментативной обработки ($x_2, \text{мин}$) на уровне детерминации 97,38 % представляется функцией (рисунок 7):

$$y = f_{\text{рыжик},1}(x_1, x_2) = 5.985236995 - 372.2670023 \cdot x_1 + 1.004228146 \cdot \ln x_2 - 76666.66667 \cdot x_1^2 - 0.2184388936 \cdot \ln^2 x_2 + 404.4734296 \cdot x_1 \cdot \ln x_2$$

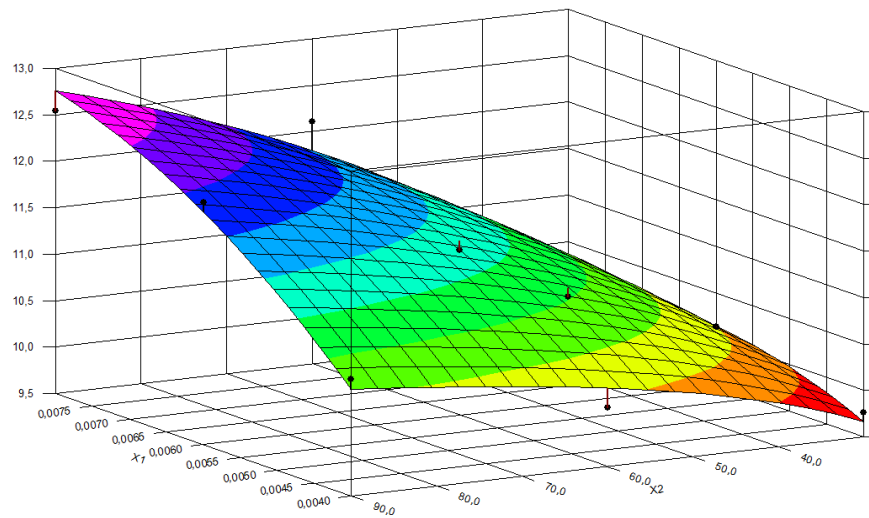


Рисунок 7 – Динамика выхода белкового препарата ($y, \%$) из жмыха рыжика обезжиренного при изменении концентрации композиции ферментов (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) ($x_1, \%$) и продолжительности обработки ($x_2, \text{мин}$)

Максимальный выход белкового препарата при ферментативной обработке составляет 12,60 % при концентрации препарата (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) 0,008 %.

Выход белкового препарата при ферментативной обработке жмыха сои сорта «Зарница» обезжиренной ($y, \%$) в зависимости от концентрации ферментного препарата (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) ($x_1, \%$) и

продолжительности обработки (x_2 , мин) на уровне детерминации 96,37 % представляется функцией (рисунок 8):

$$y = f_{\text{сож},1}(x_1, x_2) = -4.667759192 + 1813.475375 \cdot x_1 + 4.873936031 \cdot \ln x_2 - 77916.66667 \cdot x_1^2 - 0.3581981743 \cdot \ln^2 x_2 - 101.9500022 \cdot x_1 \cdot \ln x_2.$$

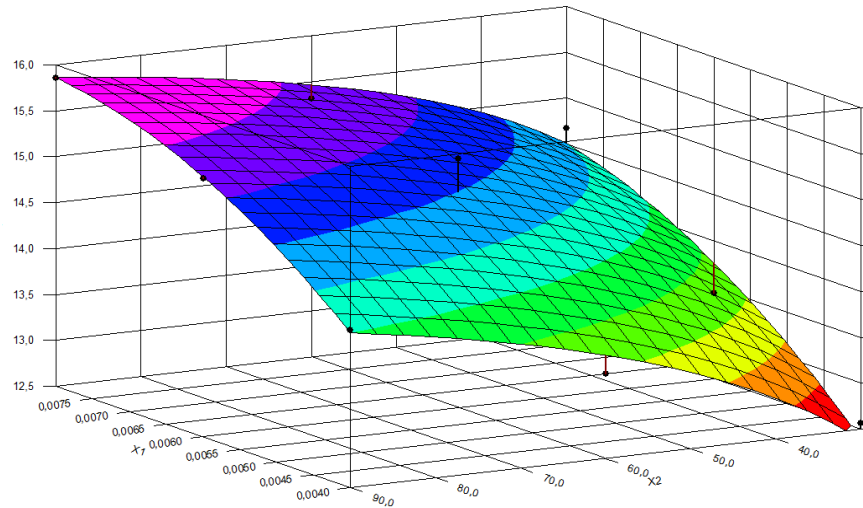


Рисунок 8 – Динамика выхода белкового препарата (y , %) из жмыха сои обезжиренной при изменении концентрации композиции ферментов (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) (x_1 , %) и продолжительности обработки (x_2 , мин)

Максимальный выход белкового препарата при ферментативной обработке составляет 15,80 % при концентрации композиции ферментов (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) 0,008 %.

Глава 6 Расчет основных технико-экономических показателей предприятия по производству белковых препаратов из масличных культур

Проведены расчеты технико-экономических показателей предприятия по производству белковых препаратов из исследуемых масличных культур. Полученные результаты расчета основных технико-экономических показателей производства белковых препаратов показывают рентабельность предприятия 24,58 %, срок окупаемости капитальных вложений 2,6 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ научно-технической литературы по получению белковых препаратов из масличных культур показал, что известны технологии получения белковых препаратов из крестоцветных культур, подсолнечника, сои, однако данные технологии обеспечивают незначительный выход белкового препарата (3-7 %) при высоких затратах на их получение.

2. На основании исследования химического состава жмыхов масличных культур (рапс сорта «Культис», рыжик сорта «Ужурский», соя сорта «Зарница») установлено, что в составе жирных кислот жмыхов присутствуют эссенциальные, причем содержание линолевой кислоты составляет от 13,70 % в жмыхе рыжика, в жмыхе сои и рапса до 21,00 %, линоленовой от 9,70 % в жмыхе рапса и сои до 18,20 % в жмыхе рыжика. На долю ненасыщенных жирных кислот приходится 92,00 %. Аминокислотный состав белка жмыха исследуемых культур представлен всеми незаменимыми аминокислотами, что подтверждает целесообразность получения белковых препаратов на их основе.

3. Разработана технология получения белковых препаратов из жмыхов масличных культур (рапс сорта «Культис», рыжик сорта «Ужурский», соя сорта «Зарница») из местных сортов Красноярского края, обеспечивающая повышение выхода белковых препаратов. Установлено, что при использовании композиции ферментов (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) выход белка из жмыха исследуемых масличных культур увеличился на 44,80 % для рапса, 53,10 % для рыжика, 50,80 % для сои по сравнению с использованием традиционной технологии.

4. Разработана аналитическая модель, описывающая динамику повышения технологического совершенства ферментативной обработки жмыхов масличных культур композицией ферментных препаратов (целлюлазы и пектиназы в соотношении 1:1) различной концентрации и продолжительности обработки на повышение выхода белкового препарата. Установлено, что биоконверсия с применением комплекса ферментных

препаратов – целлюлазы и пектиназы (1:1) в концентрации 0,006 % в течение 60 минут, обеспечивает наиболее эффективный выход белкового препарата. Выход белкового препарата увеличился на 30 % по сравнению с использованием фермента целлюлазы и на 28 % по сравнению с пектиназой.

5. Исследование аминокислотного состава белковых препаратов из жмыхов масличных культур (рапс сорта «Культис», рыжик сорта «Ужурский», соя сорта «Зарница») показало, что они содержат все незаменимые аминокислоты. Лимитирующими аминокислотами являются валин и триптофан. Биологическая ценность исследуемых белковых препаратов из жмыхов масличных культур составила для необезжиренных жмыхов: рапса 40 %, рыжика 50 %, сои 52 % и для обезжиренных жмыхов: рапса 31 %, рыжика 45 %, сои 58 %.

6. Разработаны рецептуры продуктов пищевого и кормового назначения (кормовых добавок для сельскохозяйственной птицы, комбикорма для годовиков форели, сухих белковых смесей, мясных рубленых полуфабрикатов) с добавлением белковых препаратов из жмыхов масличных культур. Определены их качественные показатели. Разработаны ТУ на получение белкового препарата пищевого назначения.

7. Рассчитаны основные технико-экономические показатели производства белковых препаратов на основе жмыхов крестоцветных культур (рапс сорта «Культис» и рыжик сорта «Ужурский») и сои сорта «Зарница». Показано, что затраты на 1 руб. товарной продукции составят 0,75 коп, рентабельность предприятия 24,58 %, расчетный срок окупаемости капитальных вложений 2,6 г.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Брошко Д.В. Применение ферментативного гидролиза для получения белковых концентратов из жмыха *Camelina Sativa* / Смольникова Я.В., Бопп

В.Л., Коломейцев А.В., Стутко О.В., Ханипова В.А., Брошко Д.В. // Техника и технология пищевых производств. – 2022.-№1. – С. 199-209.

2. Брошко Д.В. Исследование возможности обогащения мясных полуфабрикатов белковыми концентратами крестоцветных культур / Д.В. Брошко, Н.А. Величко // Вестник КрасГАУ. – 2023. - №1. – С. 171-177.

Публикации в других научных изданиях

3. Брошко Д.В., Исследование влагосвязывающей и водоудерживающей способности жмыха рыжика ярового / Д.В. Брошко, Д.А. Жигальцова // Студенческая наука – взгляд в будущее: материалы XV Всероссийской научной конференции. Том часть 2: (26-27 марта 2020 года, г. Красноярск) / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2020.- С. 301-304.

4. Брошко Д.В., Определение жиरोудерживающей способности жмыха рыжика ярового / Д.В. Брошко, Д.А. Жигальцова // Студенческая наука – взгляд в будущее: материалы XV Всероссийской научной конференции. Том часть 2: (26-27 марта 2020 года, г. Красноярск) / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2020.- С. 304-306.

5. Брошко Д.В., Влияние обезжиривания на выход белка из рапсового и рыжикового жмыхов / Д.В. Брошко, М.С. Лушников // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых. Том часть 1: (8-9 апреля 2020 года, г. Красноярск) / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2020.- С. 310-314.

6. Брошко Д.В., Оценка биологической эффективности жирнокислотного состава жмыха рыжика ярового / Д.В. Брошко, Д.А. Жигальцова // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых. Том часть 1: (8-9 апреля 2020 года, г. Красноярск) / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2020.- С. 326-329.

7. Брошко Д.В., Влияние остаточной масличности на выход растительного белка рапса и рыжика / Д.В. Брошко, Н.А. Величко // Климат,

экология, сельское хозяйство Евразии: материалы X международной научно-практической конференции (27-28 мая 2021 года, п. Молодежный) / Иркутский государственный аграрный университет – Молодежный, 2021 – С. 13-14.

8. Брошко Д.В., Перспективы использования белкового препарата крестоцветных культур в кормовых смесях / Д.В. Брошко, Н.А. Величко // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции. Том 1 часть 2: (20-22 апреля 2021 года, г. Красноярск) / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2021.- С. 261-263.

9. Брошко Д.В., Влияние продолжительности экстрагирования на выход растительного белка из жмыха рапса / Д.В. Брошко // Инновационные тенденции развития Российской науки: материалы XV международной научно-практической конференции молодых ученых (23-25 марта 2022 года, г. Красноярск) / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2022.- С. 385-387.

10. Брошко Д.В., Характеристика семян Восточного Сибирского региона / Я.В. Смольникова, А.В. Коломейцев, О.В. Ступко, Д.В. Брошко, В.А. Ханипова // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им К.И. Скрябина. – 2022. - №4. – С. 58-64.

11. Брошко Д.В., Оценка функционально-технологических свойств белкового препарата рапса сорт «Сибирский» / Я.В. Смольникова, А.В. Коломейцев, О.В. Ступко, Д.В. Брошко // Вестник университета Шакарима. Серия технические науки. – 2022. - №4. – С.36-42.

12. Брошко Д.В., Влияние влажности семян рапса ярового на выход концентрата растительного белка / Д.В. Брошко, Н.А. Величко // АПК России: образование, наука, производство: сборник статей V Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием (19-20 декабря 2022 года, г. Саратов) / Пензенский государственный аграрный университет. – Саратов, 2023. – С. 139-141.

13. Брошко, Д. В. Влияние продолжительности экстракции на выход растительного белка из рапса / Д. В. Брошко // Инновационные тенденции развития российской науки: Материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 29–31 марта 2023 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 445-447.

14. Брошко Д.В., Влияние продолжительности экстракции на выход растительного белка из сои сорта «Зарница» / Д.В. Брошко, Н.А. Величко / Материалы VI Всероссийской (национальная) научно-практической конференции «Инновации в пищевой промышленности: Образование, наука, производство» 20 февраля 2024 г. Благовещенск. – С.31-36.

Патенты и свидетельства о государственной регистрации

15. Патент №2811926 «Комбикорм для скармливания годовикам форели в аквакультуре», /А.В. Коломейцев, Д.В. Брошко, Д.Д. Харебин, М.В. Горелов, О.А. Коленчукова, Е.А. Бирюкова / 10.01.2024, Бюл. №2. – 5 с.